

บทที่ 2

การบดทวนวรรณกรรม

ในการศึกษากระบวนการการผลิตน้ำมันด้วยวิธีการไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกและโฟมสามารถแบ่งประเด็นในการศึกษาข้อมูลได้เป็น 2 ส่วน คือ การบดทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การบดทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ประเภทของขยะพลาสติก

ขยะพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสจะต้องเป็นขยะพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ซึ่งเป็นชนิดที่ถูกความร้อนแล้วจะหลอมตัว กลายเป็นของเหลวได้ ได้แก่

2.1.1.1 พอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) มักจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ ขวดใสสารเคมี ขวดใส่น้ำ ลังหรือกล่องบรรจุสินค้า ภาชนะต่างๆ เครื่องเล่นของเด็ก ถุงเย็น ถาดทำน้ำแข็ง โตะ และเก้าอี้ เป็นต้น และพอลิเอทิลีนจะมีอยู่ 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ได้แก่

พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนที่มีค่าความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) เป็นพลาสติกที่มีการเรียงตัวของโมเลกุลจะมีกิ่งก้านมาก มีความหนาแน่นมาก และ HDPE มีความหนาแน่นประมาณ $0.941-0.965 \text{ g/cm}^3$ นิยมใช้กันมากในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก เช่น ขวด ถัง ถาด ถุงร้อน ซึ่งจะเป็นพลาสติกไม่ไวต่อสารเคมี ทนต่อกรดและด่างได้ดี

พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene: LDPE) เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำประมาณ $0.910-0.925 \text{ g/cm}^3$ มีความเหนียว ไม่กรอบแตกง่าย และมีความใสและความแข็งทนทานน้อยกว่าแบบ HDPE ข้อจำกัดคือไม่เหมาะที่จะนำไปใช้บรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น อาหารทอด ขนมอบกรอบ เพราะป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของไขมัน และออกซิเจนไม่ดี ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ได้ง่าย เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) และไม่ทนต่อความร้อน ไม่สามารถใช้กับกระบวนการบรรจุร้อน (hot fill) ได้ ใช้ได้เฉพาะการบรรจุอาหารขณะเย็นเท่านั้น (Cool filled: อุณหภูมิขณะบรรจุไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส)

2.1.1.2 พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) มักจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ ถ้วยจาน แก้วน้ำ ซ้อนส้อม กล่องบรรจุอาหารและผลไม้เทียม ไม้บรรทัด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของเล่น ขวดหรือกระปุกใส่ยา เฟอร์นิเจอร์บางอย่าง ชิ้นส่วนในตู้เย็น โฟมกันแตกสำหรับบรรจุภัณฑ์ และฉนวนความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 2.2



(ก) พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) (ข) พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนที่มีค่าความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

ภาพที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE)
(foodnetworksolution, 2560. ออนไลน์)



ภาพที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิสไตรีน (Polystyrene: PS)
(foodnetworksolution, 2560. ออนไลน์)

2.1.1.3 พอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) มักจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ กล่องเครื่องมือ ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและตลับเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือน กล่องบรรจุอาหาร วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์การแพทย์ ขวดใส่สารเคมี กระจองน้ำมันเครื่อง กระจองข้าว และถุงบรรจุปุ๋ย ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP)
(foodnetworksolution, 2560. ออนไลน์)

2.1.2 กระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการแตกตัวหรือสลายตัวของสารประกอบ หรือวัสดุต่างๆ ด้วยความร้อนปานกลางที่อุณหภูมิประมาณ 400 - 800 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนในปริมาณที่น้อยมาก โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามสภาวะ คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว (ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมัน) และของแข็ง (Char) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ (Primary product) และอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ เช่น อุณหภูมิ อัตราเร็วในการให้ความร้อน เป็นต้น แต่โดยตัวกระบวนการไพโรไลซิสเองแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด คือ ของเหลวหรือน้ำมัน และเมื่อนำเอาผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การนำเอาน้ำมันที่เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง เพื่อผลิตคาร์บอนแบล็ก คาร์บอนแบล็กนั้นก็จะเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิ

ปฏิกิริยาที่เกิดในกระบวนการไพโรไลซิสประกอบด้วย ขั้นแรก การสลายตัวของสารที่ระเหยง่ายออกจากวัตถุดิบ (Devolatilization) ขั้นที่สอง เป็นการแตกตัวของวัตถุดิบเอง โดยที่องค์ประกอบที่สามารถแตกตัวได้ที่สภาวะที่ใช้ก็จะแตกตัวออกมาเป็นโมเลกุลที่เล็กลง และเล็กลงเรื่อยๆ ตามเวลาที่ใช้ หรืออุณหภูมิที่กำหนด จนกระทั่งเกิดการแตกตัวที่สมบูรณ์ของวัตถุดิบ โดยอุณหภูมิแต่ละขั้นแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ แต่ ถ้ามีการให้ความร้อนและเวลามากเกินไป สารที่ได้จากการแตกตัวของวัตถุดิบจะกลับมารวมตัวกัน เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าออกจากกระบวนการ หรือเป็นของแข็งชั้นเหนียวติดอยู่ตามอุปกรณ์ต่างๆ ได้ ดังนั้น สภาวะที่ใช้ในการไพโรไลซิสจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ด้วย ในบางครั้ง อาจมีการเติมไฮโดรเจนหรือน้ำเข้าไปในกระบวนการไพโรไลซิสด้วย ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันมีความเสถียรมากขึ้น เนื่องจากไฮโดรเจนจะเข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจนที่มีอยู่ในเนื้อของวัตถุดิบ ดังนั้น การเติมน้ำในปริมาณไม่มากเกินไปเข้าไปเป็นตัวกลางในกระบวนการไพโรไลซิส จะทำให้ไปเพิ่มความดันให้กับกระบวนการ ทำให้วัตถุดิบเกิดเป็นของไหลได้ง่ายขึ้น

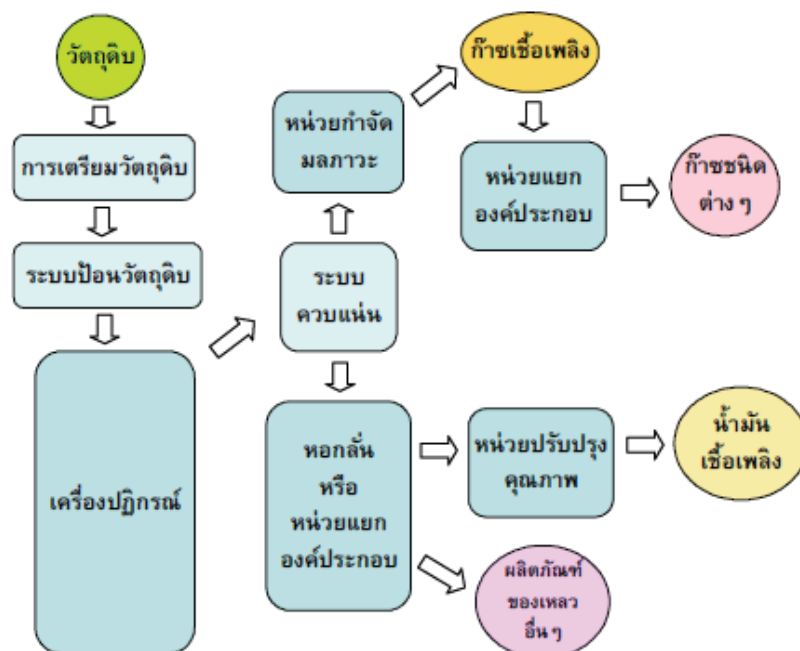
การเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการไพโรไลซิส สามารถเตรียมได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จะมีการคัดแยกประเภทของขยะพลาสติกออกจากสิ่งปฏิกูลต่างๆ และคัดแยกตามประเภทของพลาสติก

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตัดและลดขนาดของพลาสติกให้มีขนาดเล็กลงเหมาะสมกับการนำเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ได้

ขั้นตอนที่ 3 ทำความสะอาดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ออก

ขั้นตอนที่ 4 ทำการกำจัดความชื้นออกจากเศษพลาสติกก่อนนำเข้าสู่เตาปฏิกรณ์



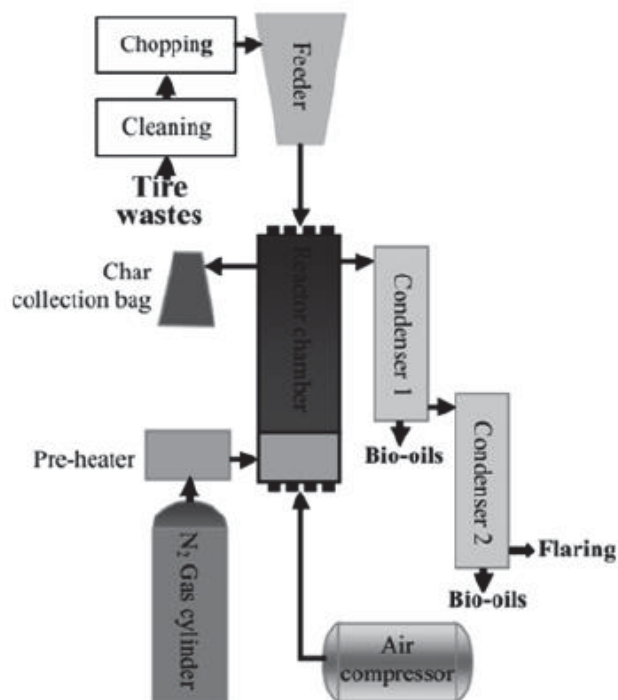
ภาพที่ 2.4 แผนผังกระบวนการเทคโนโลยีไพโรไลซิส (เดช เหมือนขาว และคณะ, 2556)

2.1.3 เครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมใช้ในกระบวนการไพโรไลซิส

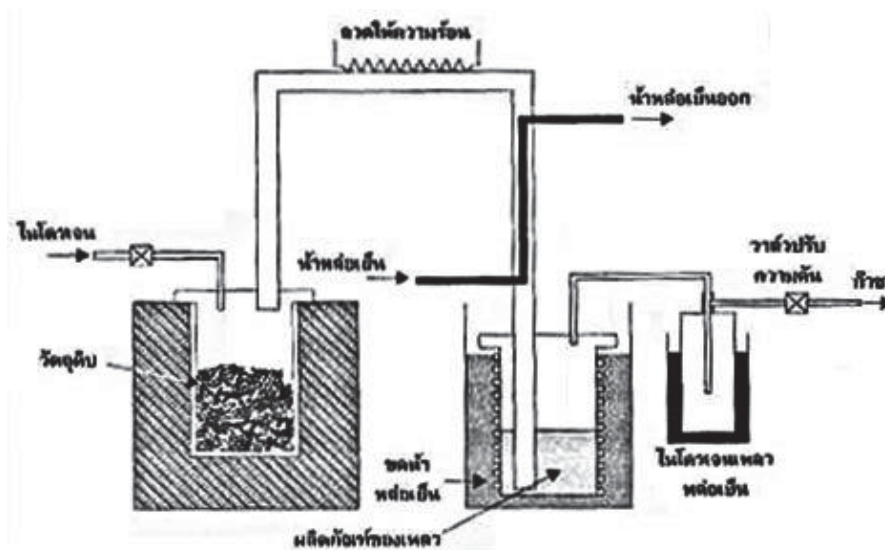
เครื่องอุปกรณ์ต้นแบบของเทคโนโลยีไพโรไลซิสสำหรับพลาสติกที่สำคัญนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ตามลักษณะองค์ประกอบและการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ ได้แก่

2.1.3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (Fixed-Bed Reactors)

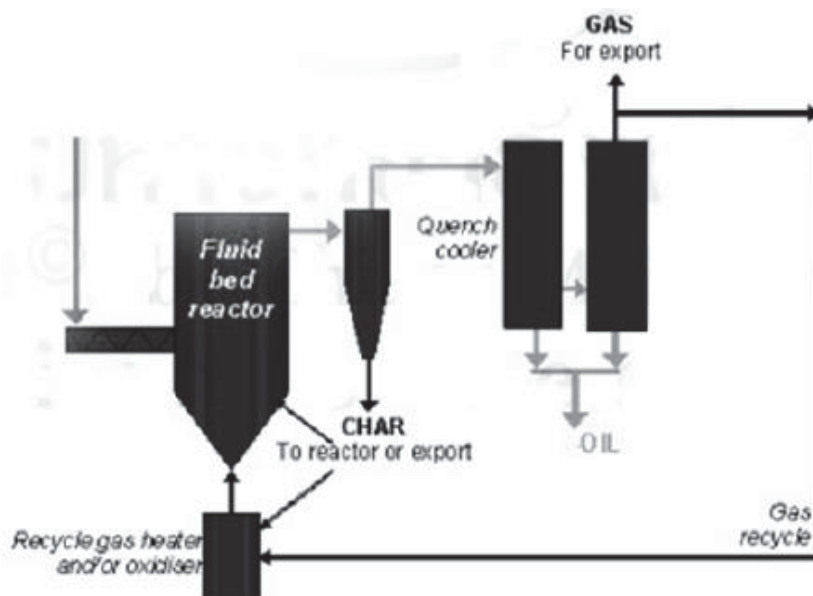
เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ที่เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่มีการออกแบบอย่างง่ายให้มีการบรรจุวัตถุดิบคงที่ภายในเครื่อง โดยวัตถุดิบจะไม่มีเคลื่อนที่เลยขณะที่ถูกให้ความร้อนและจนกระทั่งแตกตัวหมด สิ่งที่เคลื่อนที่ในเครื่องปฏิกรณ์ก็คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของไหลซึ่งไหลออกจากระบบได้โดยการนำพาของก๊าซเฉื่อย ด้วยความดันภายใน หรือด้วยการดูดออกโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ เครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้เป็นปฏิกรณ์อย่างง่ายที่สุด จึงนิยมใช้กันมากในระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการ การทดสอบการผลิตเบื้องต้นไม่ต้องใช้วัตถุดิบมากนัก แต่ในระดับการผลิตมีการนำระบบนี้มาใช้เช่นกัน ข้อเสียของเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ก็คือ จะต้องมีการเปิดฝาของเครื่องปฏิกรณ์ทุกครั้งหลังจากที่ปฏิบัติการเสร็จไปแล้วครึ่งหนึ่ง เพื่อนำเอาผลผลิตที่เป็นของแข็งออกจากเครื่องปฏิกรณ์และป้อนวัตถุดิบชุดใหม่ลงไป เป็นครั้งๆ ไป (Batch Systems) ดังนั้น ระบบการผลิตจึงเป็นในรูปแบบกึ่งต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องเท่านั้น (Batch or Semi-Continuous Batch Reactor System) ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (Fixed-Bed Reactors) (สถาบันพลาสติก, 2560)



ภาพที่ 2.6 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่แสดงในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Batch) (โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือใช้และกากของเสียมาใช้ประโยชน์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่. 2560. ออนไลน์)



ภาพที่ 2.7 ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์ (Fluidized Bed Reactors) (สถาบันพลาสติก, 2560)

2.1.3.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์ (Fluidized Bed Reactors)

เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์เป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่มีการออกแบบให้วัสดุเกิดการเคลื่อนตัวในระบบปฏิกรณ์แบบปั่นป่วน (Turbulence) จนกระทั่งแตกตัวหมด วัสดุที่ป้อนเข้าจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะสามารถเคลื่อนที่แบบปั่นป่วนได้อย่างอิสระและใช้พลังงานในการทำให้เกิดความปั่นป่วนน้อย จากนั้นวัสดุจะถูกป้อนเข้าระบบแบบเป็นครั้งๆ ตามปริมาณที่ต้องการ เมื่อวัสดุเข้าถึงภายในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีการป้อนก๊าซตัวพาด้วยความเร็วสูงพอที่จะทำให้วัสดุเคลื่อนตัวแบบปั่นป่วน (ระบบนี้เป็นระบบที่มีการผสมของก๊าซ-ของแข็ง) จากนั้นให้ความร้อนแก่ระบบจนกระทั่งวัสดุแตกตัวหมดแล้วจึงจะป้อนวัสดุเข้าอีกครั้งหนึ่ง การทำงานของระบบนี้จึงเป็นสามารถเรียกได้ว่าเป็นแบบต่อเนื่อง

เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์สามารถแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนตัวของวัสดุในเครื่องปฏิกรณ์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

(ก) เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์แบบฟองก๊าซ (Bubbling Fluidized Bed) ซึ่งเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อทำให้เกิดการไหลของวัสดุแบบปั่นป่วน ตามการเคลื่อนที่ของฟองก๊าซที่ป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ การทำงานเริ่มจากการป้อนก๊าซที่เป็นตัวพาเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์พร้อมกับป้อนวัสดุและสารเร่งปฏิกิริยาเข้าไปด้วย ความเร็วของก๊าซที่ใช้จะทำให้เกิดการรวมตัวของวัสดุและก๊าซ แล้วทำให้วัสดุเกิดการเคลื่อนตัวแบบปั่นป่วน และเกิดการยกตัวขึ้นไปตามทิศทางการไหลของก๊าซ ความเร็วของก๊าซที่ใช้จะต้องเหมาะสมเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของอนุภาควัสดุอย่างปั่นป่วนได้ แต่

จะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้ก๊าซนั้นพาเอาอนุภาคของแข็งไปอุดอยู่ตรงบริเวณทางออกของเครื่องปฏิกรณ์ หรือพาเอาอนุภาคขนาดเล็กผ่านออกไปจากระบบ

(ข) เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์แบบไหลเวียน (Circulating Fluidized Bed) ซึ่งเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อทำให้เกิดการไหลเวียนของวัสดุติดและตัวเร่งปฏิกิริยา ในเครื่องปฏิกรณ์แบบปั่นป่วน การทำงานก็จะคล้ายกับเครื่องปฏิกรณ์แบบฟองก๊าซ คือมีการใช้ก๊าซเป็นตัวนำพา แต่มีที่ต่างกันคือตรงที่มีการไหลเวียนของวัสดุของแข็ง ซึ่งในที่นี้หมายถึง ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้มีการไหลเวียน (Circulating) ซึ่งมีเหตุผลสำคัญ 2 ประการ คือ การแยกเอาวัสดุที่เป็นของแข็งออกจากเครื่องปฏิกรณ์ และการหมุนเวียนเอาของแข็งนั้นกลับไปใช้ใหม่ในระบบ

เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์สามารถทำงานได้อย่างคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็คือ การใช้งานในอุตสาหกรรมแล้วได้ผลดี เช่น ในอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน มีการนำเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ไปใช้ในการแตกตัวของน้ำมันหนัก (FCC Unit) ข้อดีของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์ สำหรับกระบวนการเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน มีดังนี้

- มีการผสมรวมตัวกันอย่างดีของวัสดุติดที่เกิดจากการเคลื่อนตัวแบบปั่นป่วน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและเกิดการแตกตัวได้ดี การกระจายตัวของอุณหภูมิเป็นไปอย่างทั่วถึงและคงที่ ไม่ทำให้เกิดจุดที่ร้อนหรือเย็นจนเกินไปในเครื่องปฏิกรณ์ ส่งผลให้ง่ายต่อการทำงานและการควบคุมระบบเป็นไปได้ง่าย

- ช่วงอุณหภูมิการทำงานค่อนข้างต่ำกว่าเครื่องปฏิกรณ์ชนิดอื่นๆ
- การถ่ายเทมวลและความร้อนเกิดขึ้นได้ดีกว่าเครื่องปฏิกรณ์ชนิดอื่น
- การเคลื่อนตัวของของแข็งในเครื่องปฏิกรณ์ เป็นเหมือนตัวนำพาความร้อนไปในขณะเคลื่อนที่ด้วย ดังนั้น การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดถ่านโค้กหรือน้ำมันดินได้ นอกจากนี้ การเคลื่อนตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาของของแข็งนั้น ทำให้สามารถเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาได้โดยง่ายในกรณีที่ตัวเร่งหมดสภาพการใช้งาน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

- ระบบมีความยืดหยุ่นสูง สามารถใช้ก๊าซตัวนำพาได้หลายชนิด สามารถใช้กับช่วงอุณหภูมิที่กว้างได้ และสามารถปรับเวลาที่วัสดุติดอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ได้อย่างสะดวก

- ใช้เวลาในการซ่อมบำรุงน้อย และค่าการซ่อมบำรุงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์อื่นๆ ที่มีส่วนที่ร้อนและเคลื่อนไหวเหมือนกัน ทำให้มีความยืดหยุ่นในการลงทุนสูง เหมาะสมกับการลงทุนทั้งในโรงงานขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่

เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์แบบไหลเวียน มีข้อดีมากกว่าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์แบบฟองก๊าซ เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์แบบไหลเวียนนั้นคือ

- (1) ไม่ต้องอาศัยการเกิดฟองก๊าซในการทำงาน ทำให้มีการสัมผัสกันระหว่างก๊าซและของแข็งได้มากขึ้น

- (2) มีขนาดหน้าตัดเครื่องปฏิกรณ์ที่เล็กกว่า ทำให้เพิ่มความเร็วเชิงเส้นในเครื่องปฏิกรณ์
- (3) สามารถควบคุมการถ่ายเทความร้อนได้มากกว่า โดยการควบคุมความเร็วของแข็งที่เคลื่อนที่หมุนวน
- (4) มีโอกาสน้อยกว่าที่อนุภาคของแข็งจะจับตัวหรือรวมกันเป็นก้อน
- (5) มีการผสมกันของของที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ในเชิงรัศมี ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีช่องทางป้อนของแข็งเป็นจำนวนมาก
- (6) มีอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็งที่เร็วกว่า

2.1.4 ผลกระทบของกระบวนการไพโรไลซิสที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสพลาสติก สามารถแบ่งออกได้เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งต้องได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

ของเสียประเภทของแข็งที่เกิดขึ้นมักเป็นพวกสารประกอบอนินทรีย์ เช่น เถ้า โดยในกระบวนการไพโรไลซิสพลาสติกมักเกิดเถ้าจำนวนน้อยโดยไม่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อีก ซึ่งอาจนำเถ้าดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ส่วนขี้เถ้าที่เกิดขึ้นจากการไพโรไลซิส สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง จึงมักไม่ค่อยถูกพิจารณาให้เป็นของเสีย นอกจากนี้ ของเสียประเภทของแข็งอาจมาจากขั้นตอนของการบำบัดมลพิษทางอากาศ เช่น เมมเบรนที่เสื่อมสภาพ ซึ่งอาจกำจัดโดยวิธีฝังกลบหรือเผาทิ้ง ผู้นี้อาจใช้วิธีฝังกลบ

ของเสียประเภทของเหลวที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสพลาสติกเช่น น้ำมัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อาจนำไปผ่านกระบวนการกำจัดสารปนเปื้อนและปรับปรุงคุณภาพ เพื่อช่วยลดมลภาวะที่เกิดจากการนำน้ำมันดังกล่าวไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และช่วยให้น้ำมันมีคุณภาพดีขึ้น นอกจากนี้ของเสีย ประเภทของเหลวอาจมาจากขั้นตอนของการบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งให้ใช้วิธีบำบัดที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้น ส่วนน้ำเสียที่มาจากขั้นตอน Condenser ที่มีการใช้น้ำเป็น Cooling water ก็สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

ของเสียประเภทก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสพลาสติกโดยหลักๆ มักประกอบด้วย ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่น ไดออกซินและฟูราน ซึ่งการกำจัดออกไซด์ของไนโตรเจนอาจใช้ Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) หรือ Selective Catalytic Reduction (SCR) การกำจัดออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์อาจใช้ Wet scrubber, Adsorption การกำจัดฝุ่นอาจใช้ห้องดักฝุ่น ใช้ถุงกรอง หรือ Scrubber ส่วนการกำจัดไดออกซินและฟูรานอาจใช้ Activated carbon ในการดูดซับ โดยอาจใช้วิธีพ่นผ่านเข้าไปในกระแสก๊าซ

การเกิดกลิ่นจากกระบวนการไพโรไลซิส โดยปกติถ้ากระบวนการผลิตถูกออกแบบมาอย่างดี ไม่มีการรั่วไหล จะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น แต่ด้วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการ ได้แก่ ก๊าซและน้ำมัน ก็มักมีกลิ่นเฉพาะตัวอยู่แล้ว กลิ่นจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยปกติการบำบัดก๊าซเสียที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะด้วยวิธีการดูดซับ หรือวิธีการเผาทิ้ง ก็สามารถกำจัดกลิ่นของก๊าซไปในตัว แต่บางครั้งกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจต้องได้รับการบำบัดด้วยวิธีที่เฉพาะเจาะจง เช่น การออกซิเดชันด้วยโอโซน เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดซ์อย่างแรง จึงทำให้กลิ่นเจือจางลงหรือหมดไปได้ ในบางครั้งอาจใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในการออกซิเดชันได้ หรือกำจัดกลิ่นโดยวิธีทางชีวภาพ เช่น การใช้ตัวกรองชีวภาพ เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิสาข์ มานะสมบูรณ์พันธ์ และ สุวรรณิ จรรยาพูน, 2556. ได้ศึกษาสภาวะไพโรไลซิสที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว โดยทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ไพโรไลซิสภายใต้ระบบสุญญากาศที่มีการควบคุมแบบต่อเนื่อง 60 รอบต่อนาที ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้ โดยแปรค่าอุณหภูมิที่ 200, 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส, อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจนที่ 0.1, 0.45, 0.75 และ 1.0 ลิตรต่อนาที และเวลาที่ใช้ในการไพโรไลซิส 1, 2 และ 3 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า สภาวะในการไพโรไลซิสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 0.45 ลิตรต่อนาที และเวลาที่ใช้ในการไพโรไลซิส 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสม โดยได้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลว 41.7% โดยปริมาตร

เดช เหมือนขาว และคณะ, 2556. ได้มีการศึกษาและออกแบบการผลิตน้ำมันดิบจากขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ในการออกแบบการผลิตน้ำมันดิบจากขยะพลาสติก ออกแบบชุดให้ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 600 องศาเซลเซียส การทดลองผลิตน้ำมันดิบด้วยที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส น้ำหนักขยะพลาสติก 4.4, 5.9 และ 7.4 กิโลกรัม ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักขยะพลาสติก 7.4 กิโลกรัมและอัตราของน้ำมันดิบที่สูงกว่า

รินลดา สิริแสงสว่าง และคณะ, 2558. ได้ศึกษาศึกษาผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสเมล็ดมะขาม ที่ทำการไพโรไลซิส ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส โดย ทำการไพโรไลซิสแบบไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และแบบเติมซีโอไลท์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส ประกอบด้วยถ่านชาร์ น้ำมันไพโรไลซิส และก๊าซ ผลการศึกษาพบว่า การไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยาให้ผลผลิตเป็นน้ำมันสูงสุดเป็น ร้อยละ 36.79 และปริมาณก๊าซสูงสุดเป็นร้อยละ 37.80 เมื่อเติมตัวเร่งร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก เมื่อนำน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย GC-MS พบว่าน้ำมันชั้นล่างมีองค์ประกอบที่เป็นกรดปริมาณมาก ขณะที่น้ำมันชั้นบนมีองค์ประกอบของสารฟีนอล ปริมาณมาก เมื่อนำน้ำมันชั้นบนมาวัดค่าทางความร้อนพบว่าได้ค่า 22.13 MJ/kg สำหรับถ่านชาร์ที่ได้จากการไพโรไลซิส

ถูกนำมาศึกษาการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู พบว่าถ่านชาร์ที่ได้จากการ ไพโรไลซิสแบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำไปผ่านการกระตุ้น ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และกระตุ้น ด้วยการเผา มีแนวโน้มที่จะสามารถดูดซับได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับถ่านชาร์ที่เตรียมด้วยวิธีที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา และแบบเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำไปผ่านการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว

Miandad, R. และคณะ, 2016. ได้ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการไพโรไลซิสระหว่างกระบวนการไพโรไลซิสเชิงการเร่งปฏิกิริยา (catalytic pyrolysis) และกระบวนการไพโรไลซิสเชิงความร้อน (thermal pyrolysis) ซึ่งมีปัจจัยที่ได้ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ, เวลาการทำงานของกระบวนการ, องค์ประกอบของวัตถุดิบ และการปรับปรุงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของกระบวนการไพโรไลซิสเชิงการเร่งปฏิกิริยา การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบไพโรไลซิสเชิงการเร่งปฏิกิริยานี้เป็นผลมาจากกระบวนการทางไพโรไลซิสเชิงความร้อนมีการผลิตที่ได้คือ น้ำมัน และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในปริมาณน้อย ใช้อุณหภูมิสูง และเวลาของกระบวนการทำงานของระบบที่นาน ดังนั้นจึงได้มีการทดลองการเร่งปฏิกิริยาแก่ระบบไพโรไลซิสจากขยะพลาสติก ซึ่งปรากฏว่าสามารถเพิ่มการเปลี่ยนรูปจากขยะพลาสติกไปเป็นน้ำมันได้ 70 ถึง 80 % จากปริมาณตั้งต้น และองค์ประกอบทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่ได้คือ มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยให้ค่าความร้อนสูง (HHV) ที่ 38 ถึง 45.86 MJ/kg มีความหนาแน่นที่ 0.77 ถึง 0.84 g/cm³ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะพัฒนาการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการไพโรไลซิสเพื่อเชิงพาณิชย์คงต้องใช้เวลาในการวิจัยและพัฒนาอยู่อีกระยะหนึ่งจึงสามารถนำออกมาใช้ได้จริงต่อไป

Viswanath K. Kaimal และ P. Vijayabalan, 2016. ได้ทำการศึกษาศึกษากภาพการนำน้ำมันสังเคราะห์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกเพื่อการนำมาทดแทนน้ำมันดีเซล โดยได้ศึกษาการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลจากกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหนึ่งกระบอกสูบที่นิยมใช้ในเชิงเกษตรกรรม โดยสารน้ำมันที่ได้จากการสกัดจากขยะพลาสติกนี้จะถูกนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลและทดลองใช้งานในอัตราส่วน 3 อัตราส่วนคือ 25, 50 และ 75 % ของปริมาณน้ำมันดีเซล ซึ่งผลที่ได้พบว่าการทำงานของเครื่องยนต์จะแปรผันผกผันกับอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส โดยอัตราส่วนที่ 25 % เครื่องยนต์จะมีความทำงานได้ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันดีเซล และได้มีการตรวจวัดผลของควันไอเสียและค่า NO_x ที่ได้จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์พบว่าปริมาณที่ลดลงจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 22 % และ 17.8 % ที่อัตราส่วนของการผสมน้ำมันจากการสกัดจากพลาสติกกับน้ำมันดีเซลที่ 25 %

Shafferina Dayana Anuar Sharuddin และคณะ, 2016. ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันจากขยะพลาสติกด้วยกระบวนการไพโรไลซิสและได้นำเสนอเป็นบทความปริทัศน์ ซึ่งได้แสดงถึงกระบวนการสกัดน้ำมันโดยการบวนการไพโรไลซิสจากขยะพลาสติกที่ต่างชนิดกันที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของน้ำมัน แก๊ส และถ่าน ในกระบวนการไพโรไลซิส ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการไพโรไลซิสนี้ที่เกี่ยวข้อกับผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ อุณหภูมิ ชนิดของปฏิกรณ์ ระยะเวลาทำงาน

ของระบบ ความดัน การเร่งปฏิกิริยา ชนิดของแก๊สในปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคด์เบด และอัตราการไหลของแก๊สไฟโรไลซิสที่ได้ ซึ่งจากปัจจัยเหล่านี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องถูกปรับแต่งให้เหมาะสมเพื่อการได้ผลผลิตที่สูงที่สุด